

แนวทางการประเมินประสิทธิภาพการใช้อ่านชีวภาพเพื่อลดความเป็นกรดของดิน Guidelines for Evaluating the Efficiency of Biochar in Reducing Soil Acidity

พจนีย์ แสงมณี

Podjane Sangmanee

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ อุดรดิตถ์ 53000

Division of Agriculture, Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand 53000

*Corresponding author: psangmanee191@gmail.com

Received: January 14, 2025

Revised: April 24, 2025

Accepted: April 30, 2025

Abstract

Evaluation of suitable application rate of biochar produced from various agricultural and agro-industrial materials is required to serve as a guideline for farmers. Therefore, this study aimed to determine the optimal application rate of biochar and assess its potential impact on early plant growth. The study consisted of three main steps: (1) optimizing the biochar application rate before conducting a pot experiment, (2) studying the chemical and physical properties of the selected biochar and (3) evaluating plant growth responses. The initial experiment involved incubating acidic soils with known lime requirement (LR) alongside biochar derived from spent mushroom substrate (SMS) and coconut shell (CS), which was mixed with slaked lime (L). Five treatments were tested: SMS 0.5LR, SMS 0.75LR, CS:L (3:1) LR, and CS:L (1:1) LR. A completely randomized design (CRD) with 3 replications was employed. Results showed that SMS 0.5LR and CS:L (1:3) LR effectively increased soil pH without exceeding 7.5, making them suitable for further investigation. A subsequent experiment was conducted in a randomized complete block design with six replications. Treatments included slaked lime at LR, SMS at 0.5LR, CS:L (1:3) at LR, and recommended chemical fertilizers, compared to untreated acidic soil. Plant growth parameters, including leaf greenness, and nutrient deficiency symptoms, in baby corn (*Zea mays* L.) were determined. Results indicated that both biochar treatments enhanced plant growth comparable to the lime treatment.

Keywords: soil acidity, biochar, precise rate, growth performance

บทคัดย่อ

ถ่านชีวภาพที่ทำจากวัสดุทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรหลายชนิดควรมีวิธีการประมาณอัตราที่ใช้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกร ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการใส่ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมและประเมินศักยภาพของการใช้ถ่านชีวภาพจากการเจริญเติบโตของพืชในระยะเริ่มต้น โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพก่อนคัดเลือกมาทดลองกับการปลูกพืชในกระถาง (2) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของถ่านชีวภาพ และ (3) ประเมินการตอบสนองของพืช การศึกษาแรกเป็นการบ่มดินกรดที่ทราบอัตราความต้องการปูน (LR) ร่วมกับถ่านชีวภาพที่เตรียมจากก้อนเชื้อเห็ดเห็ดเก่า (Spent Mushroom Substrate: SMS) และกะลามะพร้าว (Coconut Shell: CS) ที่ผสมกับปูนขาว (Slaked Lime: L) ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ได้แก่ ควบคุม SMS 0.5LR, SMS 0.75LR, CS:L (3:1) LR และ CS:L (1:1) LR วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธี SMS 0.5LR และ CS:L (1:3) LR เป็นกรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นไม่เกิน 7.5 จึงคัดเลือกกรรมวิธีดังกล่าว ขั้นตอนต่อมาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 กรรมวิธี จำนวน 6 ซ้ำ ดังนี้ ควบคุม ปูนขาวอัตรา LR, SMS 0.5LR, และ CS:L (1:3) LR และใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ โดยพิจารณาการตอบสนองของข้าวโพดฝักอ่อน (*Zea mays* L.) ด้านการเจริญเติบโต ความเขียวของใบ อาการขาดธาตุอาหารพืช การศึกษาพบว่า การใช้ถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาว

คำสำคัญ: ดินกรด ถ่านชีวภาพ อัตราแม่นยำ
การเจริญเติบโต

คำนำ

ถ่านชีวภาพ (Biochar) มีศักยภาพในการปรับปรุงดินกรดด้วยคุณสมบัติหลายประการ เช่น ถ่านชีวภาพจากไม้ยูคาลิปตัส วัสดุจากการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (digestate) เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง มีความเป็นด่างที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ CaCO_3 , MgCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ และ MgO เป็นต้น เกิดการใช้ H^+ จากการที่ OH^- แยกตัวออกจากหมู่ฟังก์ชันฟีนอลิก และการใส่ถ่านชีวภาพช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารพืชได้ (Singh *et al.*, 2017; Tusar *et al.*, 2023) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถของถ่านชีวภาพในการเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ของดินมีหลายประการ เช่น ชนิดของดิน ความจุฟเฟอร์ของดิน รวมไปถึงชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และอุณหภูมิที่เผาวัตถุดิบจนเกิดเป็นถ่านชีวภาพ (Bolan *et al.*, 2023) ดังนั้น ในการปรับปรุงดินกรดด้วยถ่านชีวภาพจึงมีความจำเพาะของปัจจัยด้านดินและชนิดของถ่านชีวภาพที่ใช้

ดินที่เป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.5–5.5) คิดเป็น 46.83% กระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศไทย (Land Development Department, 2015) พื้นที่ทำการเกษตรในภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นที่ลาดชันเชิงซ้อน ความชันเกิน 35% ทำให้ดินเป็นกรดจากการชะล้าง ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ละเลยการปรับปรุงดินกรดด้วยวัสดุปูน เนื่องจากมีน้ำหนักรวมมากทำให้การขนส่งมีความลำบาก และยากต่อการปฏิบัติงาน ขณะเดียวกันวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีความหลากหลายและหาได้ทั่วไป การกำจัดด้วยการเผาในที่โล่งสร้างปัญหาด้านฝุ่นควันและทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่องทุกปี (Suriyawong *et al.*, 2023) การทำถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงค่า pH จากการใส่ถ่านชีวภาพ

ให้ผลที่แตกต่างกัน เนื่องจากค่า pH ของดินอยู่ในรูป log scale โดยดินเป็นกรดจัดมาก ($\text{pH} < 4.0$) ค่า pH จะเพิ่มขึ้นมากกว่าดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 4–6 การใส่ถ่านชีวภาพอัตรา 0.16–1.6 ตัน/ไร่ ในดินกรด ส่วนใหญ่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 15.1% ความเป็นต่างของถ่านชีวภาพเกิดขึ้นได้จาก 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณเกลือที่ละลายได้ทันที ปริมาณคาร์บอนออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของโลหะที่ละลายได้บางส่วน และปริมาณซิลิกาในวัตถุดิบ ส่วนปริมาณถ่านเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพได้มากกว่า เนื่องจากแสดงถึงปริมาณของแร่ธาตุและสารอินทรีย์ที่หลงเหลืออยู่หลังจากการเผา ยกเว้นถ่านชีวภาพที่ได้จากแกลบ (rice husk) เนื่องจากเป็นถ่านที่ได้จากซิลิกา (Singh *et al.*, 2017)

มีการเสนอวิธีการคำนวณอัตราถ่านชีวภาพเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงดินกรด แต่ต้องอาศัยข้อมูลความจุบัฟเฟอร์ของดินและค่าสมมูลของแคลเซียมคาร์บอเนตของถ่านชีวภาพ ($\%\text{CaCO}_3\text{-eq}$) (Liu *et al.*, 2005; Kissel *et al.*, 2007; 2012; Thompson *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2017) แล้วพิสูจน์ด้วยการบ่มดินด้วยถ่านชีวภาพตามอัตราที่คำนวณได้ ซึ่งพบว่าถ่านชีวภาพทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.0–6.5 อย่างไรก็ตาม การใช้ถ่านชีวภาพมีผลข้างเคียงจากชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาถ่านชีวภาพเช่นกัน โดยปัจจัยหลักเกิดจากปริมาณของโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) การปนเปื้อนโลหะหนัก ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) รวมไปถึงอัตราการใช้และชนิดของดินมีผลต่อความเป็นพิษของถ่านชีวภาพ (Godlewska *et al.*, 2021) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการใช้ถ่านชีวภาพที่เหมาะสมและประเมินศักยภาพของการใช้ถ่านชีวภาพจากการเจริญเติบโตของพืชในระยะเริ่มต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการกำหนดอัตราการใช้ถ่านชีวภาพเพื่อปรับปรุงดินกรดเริ่มจากการหาอัตราที่เหมาะสม (optimization) ของถ่านชีวภาพโดยใช้ปูนขาว (slaked lime) เป็นวัสดุปรับปรุงดินเทียบเคียง จากนั้นจึงคัดเลือกสารปรับปรุงดินจากกรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH ไม่เกิน 7.5 นำมาขึ้นรูปเป็นเม็ดแล้วนำมาศึกษาประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการตอบสนองของพืช

ถ่านชีวภาพที่ใช้ในการทดลองเตรียมจากวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ ได้แก่ ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าเก่าจากไม้ยางพาราที่ไม่สามารถนำกลับไปอัดเป็นก้อนเห็ดได้อีก (Spent Mushroom Substrate: SMS) และกะลามะพร้าวจากร้านคั้นน้ำกะทิสด (Coconut Shell: CS) จากนั้นจึงวัสดุแต่ละชนิดเพื่อลดความชื้นก่อนเผาแบบใช้ออกซิเจนต่ำ (pyrolysis) ซึ่งเป็นการเผาที่ใช้การอบให้ความร้อนสะสมและติดไฟเองโดยที่วัตถุดิบไม่ได้ถูกเผาโดยตรง โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 700–800°C. ในการศึกษาขั้นตอนที่ 1 ใช้ถ่านชีวภาพที่บดละเอียด ส่วนขั้นตอนที่ 2 และ 3 ใช้ถ่านชีวภาพที่ผ่านการอัดเม็ด โดยมีน้ำแอมโมเนีย 10% โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เป็นตัวประสาน และใช้เครื่องบดอาหารสัตว์เป็นเครื่องจักรในการขึ้นรูปเป็นลักษณะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ซม. ความยาวในช่วง 0.5–1.0 ซม. จากนั้นนำไปตากจนแห้ง รายละเอียดของการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพ

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นตัวแทนดินกรดที่พบในพื้นที่ลาดชัน เนื้อดินร่วนปนทราย ที่ใช้ปลูกพืชสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดอุดรดิตถ์ ได้แก่ ทุเรียนหลงลับแล อุดรดิตถ์ที่ปลูกในระบบวนเกษตรของอำเภอลับแล และ

สับปะรดห้วยมุ่น ในพื้นที่อำเภอน้ำปาด นำดินทั้งสองชนิด มาหาค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) และค่าความต้องการปูน (Lime Requirement: LR) โดยใช้ชุดทดสอบ ดินที่พัฒนาโดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยดินแต่ละชนิดมีค่า pH เริ่มต้น คือ 5.74 และ 5.92 และมีค่า LR 2,407 และ 375 กก./ไร่ ตามลำดับ

การศึกษานี้มีสมมุติฐานว่าถ่านชีวภาพสามารถนำมาใช้ในอัตราโดยน้ำหนักเช่นเดียวกับการใช้วัสดุปูน ในอัตราที่วิเคราะห์ได้จากค่า LR โดยการศึกษาเบื้องต้น มีการกำหนดอัตราถ่านชีวภาพ เป็นอัตรา LR, 5LR และ 10LR และมีการผสมถ่านชีวภาพร่วมกับปูนขาว ในอัตราส่วน 1:3, 1:1 และ 3:1 ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เมื่อเติมน้ำกลั่น 50 มล. ซึ่งเป็นความชื้นที่เพียงพอต่อการทำปฏิกิริยา กระบวนการส่วนใหญ่สามารถละลายและทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 8.0–8.6 ได้ตั้งแต่วันที่ 3 วันแรกหลังจากใส่ จึงทำการทดลองอีกครั้งโดยเตรียมหน่วยทดลองด้วยการชั่งดิน 100 กรัม ใส่ภาชนะพลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 6.5 ซม. สูง 9.5 ซม. แล้วชั่งวัสดุปรับปรุงดินตามกรรมวิธีการทดลอง เช่น ดินที่ใช้ปลูกทุเรียน กรรมวิธีที่ใช้อัตรา LR คำนวณจากข้อมูล ความหนาแน่นรวม 0.94 กรัม/ลบ.ซม. มีค่า LR 2,407 กก./ไร่ ที่ความลึก 15 ซม. จะใช้วัสดุปรับปรุงดินน้ำหนัก 1.07 กรัม สำหรับหน่วยทดลอง 100 กรัม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ทั้งหมด 5 กรรมวิธี สำหรับดินแต่ละชนิด ได้แก่ กรรมวิธีควบคุม SMS อัตรา 0.5LR และ 0.75LR และการผสม CS กับปูนขาว (CS:L) อัตรา LR ในสัดส่วนโดยน้ำหนัก 3:1 และ 1:1 จากนั้นจึงติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) ภายหลังจากการใส่สารปรับปรุงดินที่ระยะเวลา 3 และ 7 วัน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ

นำสารปรับปรุงดิน ได้แก่ ปูนขาว ถ่านชีวภาพ จาก SMS และ CS:L (3:1) ที่ผ่านการอัดเม็ด ไปวิเคราะห์หาค่า pH (ดิน:น้ำ 1:5, pH meter) และ EC (ดิน:น้ำ 1:5, conductivity meter) ปริมาณเถ้า เตาที่อุณหภูมิ 650°C. (ASTM, 2009) ความชื้น อบที่อุณหภูมิ 150°C. (ASTM, 2017) และความหนาแน่นรวม (bulk density)

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินจากการตอบสนองของพืช

ทำการทดลองโดยการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น ดูแลใช้ธาตุอาหารมาก และมักแสดงอาการขาดธาตุอาหารทางใบ ในการทดลองนี้เลือกเฉพาะดินที่ใช้ปลูกทุเรียนหลงลับแลฤดูผลิตมาทดสอบ โดยนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารด้วยชุดทดสอบดินพบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 6 ซ้ำ 4 กรรมวิธี เตรียมหน่วยทดลองเป็นกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 ซม. สูง 28 ซม. โดยชั่งดิน 16 กก. ใส่วัสดุปรับปรุงดินแต่ละกรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปูนขาวและปุ๋ย (ควบคุม) 2) ปูนขาว อัตรา LR 3) SMS อัตรา 0.5 LR และ 4) CS:L (3:1) อัตรา LR โดยกรรมวิธีที่ใส่สารปรับปรุงดินจะใส่ก่อน 7 วัน จากนั้นจึงปลูกข้าวโพดฝักอ่อน โดยใช้เมล็ดข้าวโพดฝักอ่อนจำนวน 3 เมล็ด และคัดเลือกต้นที่เจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอไว้ 1 ต้น แล้วจึงใส่ปุ๋ยรองพื้นเกรด 15–15 อัตราปุ๋ย 67 กก./ไร่ และปุ๋ยเกรด 46–0–0 อัตราปุ๋ย 44 กก./ไร่ ในช่วง 30 วันหลังการงอก ซึ่งเป็นอัตราปุ๋ยที่แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Department of

Agriculture, 2005) จากนั้นติดตามการเจริญเติบโต ด้วยการวัดความกว้างของลำต้นโดยใช้เวอร์เนียร์ วัดความสูง และสังเกตอาการขาดธาตุอาหารที่ใบในระยะ 21, 28, 35 วันหลังจากปลูก และวัดค่าความเขียวที่ระยะ 45 วันหลังจากปลูก โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ยี่ห้อ Konica รุ่น SPAD-502 Plus วิเคราะห์หาความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Statistix 8.0

ผลการวิจัย

ผลการศึกษามีรายละเอียดตามขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาอัตราที่เหมาะสมของถ่านชีวภาพ

การใช้สารปรับปรุงดินทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะ 3 และ 7 วันหลังจากใส่ (Table 1) ค่า pH ของดินทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ SMS จาก 0.5LR เป็น 0.75LR และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนขาวที่เพิ่มขึ้นใน CS:L จาก 3:1 เป็น 1:1 จึงมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีที่ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นและอยู่ในช่วง 6-7 หรือเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ในดินที่ปลูกทุเรียน คือ กรรมวิธี SMS 0.5LR ส่วนดินที่ปลูกสับปะรด มีทั้ง SMS และ CS:L ทั้งสองอัตรา การศึกษานี้สรุปว่า SMS และ CS:L มีศักยภาพในการปรับปรุงดินกรด ดังนั้น จึงเลือก SMS 0.5LR และ CS:L (3:1) LR เป็นวัสดุปรับปรุงดินสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

Table 1 Changing of soil pH after applying soil conditioners derived from biochar

Treatment	Long Lab Lae durian grown soil		Huay Mon pineapple grown soil	
	3 DAA	7 DAA	3 DAA	7 DAA
Control	5.74e	5.74e	5.92e	5.92d
SMS 0.5LR	6.92d	6.99d	6.44d	6.31c
SMS 0.75LR	7.16c	7.25b	6.52c	6.61b
CS:L (3:1) LR	7.36b	7.17c	6.68b	6.48bc
CS:L (1:1) LR	7.62a	7.58a	6.84a	6.91a
F-test	***	***	***	***
CV (%)	1.05	0.49	0.61	2.52

Means within the same column followed by different letters showed significantly different between treatments by LSD test.

*** = significantly different at $P < 0.001$; DAA = Day After Application

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติของสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ

คุณสมบัติของสารปรับปรุงดินด้านเคมีและกายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับปูนขาว พบว่าค่า pH ของ SMS มีค่าต่ำกว่าปูนขาวและ CS:L ในขณะที่ SMS มีปริมาณเถ้า 68.35% ซึ่งมากกว่าปริมาณเถ้าของ CS:L (3:1) คือ 28.18% หรือประมาณ 2.4 เท่า (Table 2) ค่า

EC พบว่า CS:L มีค่าต่ำกว่า คือ 1.21 มิลลิซีเมนต์/ชม. สำหรับค่าความชื้น พบว่าสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพมีค่าความชื้นสูงกว่าปูนขาว ความหนาแน่นรวมของวัสดุปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและแตกต่างจากปูนขาวอย่างชัดเจน (Table 2) โดยมีความหนาแน่นรวม 0.54-0.60 กรัม/ซม³ กล่าวคือ สารปรับปรุงดินมีน้ำหนักที่เบากว่าปูนขาว ประมาณ 40-50%

Table 2 Chemical and physical properties of soil conditioners (n=3)

properties	Slaked lime	SMS	CS:L (3:1)
pH (1:5)	12.26	8.68	10.22
Ash (%)	100.00	68.35	28.18
EC (mS/cm)	4.59	5.55	1.21
Moisture (%)	0.10	33.96	21.86
Density (g/cm ³)	1.06	0.54	0.60

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินจากการตอบสนองของพืช

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตข้าวโพดฝักอ่อนที่มีต่อการใส่สารปรับปรุงดิน พบว่ากรรมวิธีมีผลต่อการเจริญเติบโตทั้งด้านความกว้างของลำต้นและความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะ 21, 28 และ 35 วันหลังปลูก ($P<0.01$) (Table 3) กรรมวิธีที่มีการปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนเจริญเติบโตได้ดีแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่มีลักษณะต้นแคระแกรน ส่วนใหญ่การใช้สารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพทั้ง SMS 0.5LR และ CS:L (3:1) LR ส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ปูนขาวที่ระยะ 21 และ 28 วัน แต่เมื่อถึง

ระยะ 35 วันหลังปลูก ให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาวทั้งด้านความกว้างของลำต้นและความสูง (Table 3)

เมื่อพิจารณาความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนที่ระยะ 45 วัน พบว่ากรรมวิธีมีผลทำให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดอ่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการใส่ SMS ทำให้ใบข้าวโพดมีค่าความเขียวมากที่สุด คือ 46.20 SPAD-unit และไม่แตกต่างจากการใส่ CS:L ในขณะที่เดียวกันการใส่ CS:L ทำให้ค่าความเขียวมากกว่าแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปูนขาวและการควบคุม โดยมีค่าความเขียวในช่วง 41.30–42.84 SPAD-unit (Table 3)

Table 3 Stem diameter, height and leaf greenness of baby corn during 45 DAS

Treatment	Stem diameter (cm)			Height (cm)			Greenness (SPAD-unit)
	21 DAS	28 DAS	35 DAS	21 DAS	28 DAS	35 DAS	45 DAS
Control	1.01 c	1.47 c	1.99 b	8.25 c	12.50 c	19.16 b	41.30 b
Lime LR	1.38 b	2.76 b	3.21 a	11.08 b	19.33 b	27.00 a	42.21 b
SMS 0.5 LR	1.74 a	3.28 a	3.53 a	12.91 a	21.66 a	29.50 a	46.20 a
CS:L (3:1) LR	1.83 a	3.08 ab	3.46 a	14.08 a	21.50 a	29.83 a	42.84 ab
F-test	**	**	**	**	**	**	*
CV (%)	16.28	13.90	12.39	12.39	8.99	12.14	6.60

Means within the same column followed by different letters showed significantly different between treatments by LSD test.

** and * = significantly different at $P < 0.01$ and 0.05 , respectively

DAS = Day After Sowing

เมื่อพิจารณาอาการขาดธาตุอาหารพืช พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อนแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสเริ่มสังเกตได้เมื่ออายุ 14–21 วัน

โดยใบและลำต้นเป็นสีม่วงแดง (Figure 2a) ในขณะที่อาการขาดธาตุแมกนีเซียมเริ่มแสดงอาการในช่วง 21–35 วันหลังจากปลูก โดยใบเหลืองระหว่างเส้นใบ ส่วนใบล่างมีขอบใบสีม่วงแดงและมีเนื้อตาย (Figure 2b)

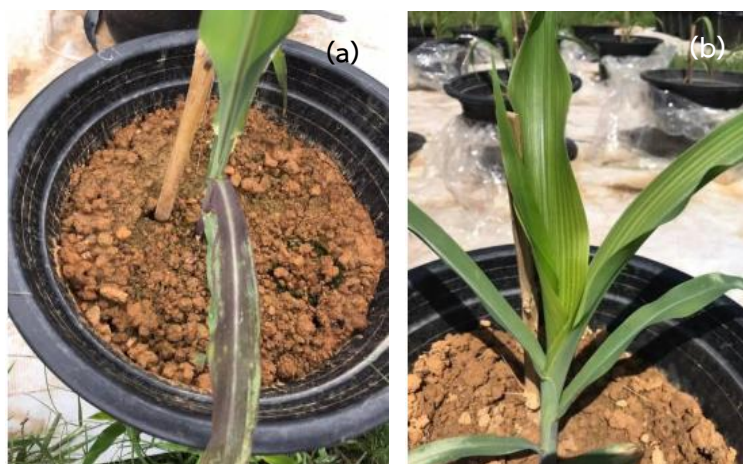


Figure 2 Phosphorus deficiency symptoms during 14–21 DAS (a) and magnesium deficiency symptoms during 21–35 DAS (b)

จากผลของอาการขาดธาตุอาหารที่สังเกตได้จากแต่ละกรรมวิธี พบว่ามีความแตกต่างกัน กล่าวคือ อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสสามารถสังเกตได้ในกรรมวิธีควบคุมในระยะ 21 วันหลังปลูก จำนวน 5 ต้น แต่ภายหลังจากนั้นไม่พบอาการ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยขาว SMS 0.5 LR และ CS:L (3:1) LR แสดงอาการจำนวน

1–2 ต้นในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Figure 3a) สำหรับอาการขาดแมกนีเซียมเกิดขึ้นทุกกรรมวิธีทุกระยะการเจริญเติบโต และสังเกตได้โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใช้สารปรับปรุงดิน ส่วนกรรมวิธีควบคุมพบว่าเริ่มสังเกตอาการได้ภายหลังจากต้นข้าวโพดฝักอ่อนเจริญเติบโตที่ระยะ 35 วัน (Figure 3b)

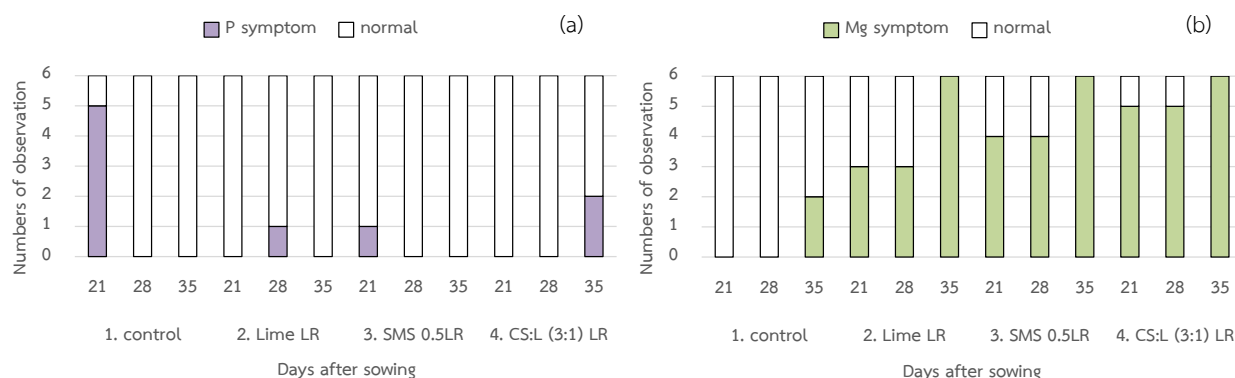


Figure 3 Symptoms of phosphorous (a) and magnesium (b) deficiency observed at 21, 28 and 35 DAS

วิจารณ์ผลการวิจัย

การผสมวัสดุปุ๋ยร่วมกับถ่านชีวภาพเป็นการเพิ่มความสามารถในการปรับปรุงดินกรด (acid neutralization capacity) ให้ผลลัพธ์ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน รวมไปถึงพืชที่ปลูกแตกต่างกันไปตามสัดส่วนที่ใช้ (Abeba *et al.*, 2024; Adekiya *et al.*, 2024) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าศักยภาพของถ่านชีวภาพแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้ SMS ต่ำกว่าการใช้ CS:L (3:1) อย่างชัดเจน และภายหลังจากใส่ถ่านชีวภาพทำให้ค่า pH ของดินกรดทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น แต่ความอ่อนไหวต่อเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความจุบัฟเฟอร์ของดิน

การตอบสนองของข้าวโพดฝักอ่อนในระยะ 45 วันแรกที่มีต่อการใช้ถ่านชีวภาพ พบว่าการใช้ SMS ส่งเสริมการเจริญเติบโตและทำให้ใบมีค่าความเขียวมากที่สุด แต่ยังคงแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียม

อย่างต่อเนื่องทั้งสองกรรมวิธี คือ SMS หรือ CS:L สำหรับ SMS ได้จากก้อนเชื้อเห็ดเก่าที่ทำจากขี้เลื่อยยางพาราเป็นส่วนประกอบมากถึง 90% ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากขี้เลื่อยยางพารา พบว่าเมื่อเผาที่ความร้อนสูงจะทำให้หมู่ฟังก์ชันควิโนน (Quinone) และคาร์บอนิล (Carbonyl) ซึ่งมีประจุลบสูงขึ้นทำให้ดูดซับธาตุอาหารประจุบวกไว้ได้มาก (Shaaban *et al.*, 2013) ในกรณีนี้คาดว่าป็นธาตุแอมโมเนียมไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี จึงทำให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนที่ใช้ SMS มีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธี อาการขาดธาตุแมกนีเซียมที่เกิดขึ้นมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Dharmakeerthi *et al.* (2012) ที่พบว่าถ่านชีวภาพจากขี้เลื่อยยางพารามีค่า pH 9.59 เถ้า 53 กรัม/กก. มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คือ 6,895, 9,799 และ 908 มก./กก. เมื่อใส่ถ่านชีวภาพในอัตรา 2% แล้วนำไปปลูกต้นกล้ายางพาราพบว่า การใช้ถ่านชีวภาพเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุ

อาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้วยพาราที่ยังต้องการไนโตรเจนและแมกนีเซียมจากปุ๋ยเคมีเพื่อทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Castilla-Caballero *et al.* (2020) พบว่าถ่านชีวภาพจากกะลามะพร้าวมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมเป็นหลัก ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมมีค่าต่ำกว่ามาก คือ 9,264, 546 และ 389 มก./กก. ตามลำดับ การผสมปูนขาว เช่นกรรมวิธี CS:L มีส่วนช่วยเพิ่มแคลเซียมได้เช่นกัน จึงอนุมานได้ว่าธาตุอาหารใน SMS และ CS มีปริมาณแมกนีเซียมไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตจนข้าวโพดฝักอ่อนแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมที่สังเกตได้จากทั้งสองกรรมวิธี ซึ่งประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดสะท้อนได้จากอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสที่พบน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมในช่วง 21 วัน หลังจากปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมไม่พบอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียม ในระยะ 28 และ 35 วัน คาดว่าเกิดจากการที่ข้าวโพดฝักอ่อนมีอาการแคระแกรนจึงทำให้มีความต้องการธาตุอาหารพืชทั้งสองชนิดในปริมาณน้อย แสดงว่าการเจริญเติบโตของพืชยังต้องการแหล่งของธาตุอาหารที่มาจากปุ๋ยที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ไม่ได้วิเคราะห์การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนและปริมาณธาตุอาหารในดิน การสังเกตอาการผิดปกติของพืชจึงเป็นเพียงแนวทางเบื้องต้นในการทดสอบประสิทธิภาพการปรับปรุงดินกรดของถ่านชีวภาพ โดยทั่วไปถ่านชีวภาพมีความเป็นด่าง แต่ความสามารถในการปรับปรุงดินกรดมีความสัมพันธ์กับปริมาณเถ้า (Singh *et al.*, 2017) การศึกษานี้ใช้น้ำหนักของวัสดุปูนในอัตรา LR เพื่อประมาณการอัตราการใช้ถ่านชีวภาพเบื้องต้น และใช้

วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ที่เพิ่มขึ้นจากอัตราวัสดุปูนที่ใช้ ซึ่งเป็นวิธีที่แนะนำในสำหรับการนำวัสดุปรับปรุงดินทางเลือกมาใช้ทดแทนวัสดุปูน (Sims, 1996) วิธีการหาอัตราที่เหมาะสมด้วยการผสมถ่านชีวภาพลงไปในดินกรดแล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงค่า pH รวมไปถึงการศึกษาการตอบสนองของพืช จึงเป็นวิธีการที่ชี้วัดประสิทธิภาพของถ่านชีวภาพได้ในเชิงปฏิบัติ (Giovannetti *et al.*, 2023) เนื่องจากถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่มีความพรุน น้ำหนักเบา การพัฒนาสารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพให้เป็นชนิดเม็ดทำให้อยู่ในรูปที่ใช้งานง่าย ไม่เป็นฝุ่นฟุ้งกระจายในระหว่างการใช้งาน ลดผลข้างเคียงจากดินแน่นที่บดกรณที่ถ่านชีวภาพมีความละเอียดมากเกินไป

สรุปผลการวิจัย

อัตราที่เหมาะสมของ SMS และ CS:L (3:1) คือ 0.5LR และ LR ตามลำดับ โดยทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นในระดับที่มีค่าไม่เกิน 7.5 สารปรับปรุงดินจากถ่านชีวภาพทั้งสองชนิดทำให้การเจริญเติบโตและความเขียวของใบข้าวโพดฝักอ่อนไม่แตกต่างจากการใช้ปูนขาว การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าถ่านชีวภาพสามารถใช้ปรับปรุงความเป็นกรดของดินได้ แต่ยังต้องการแหล่งธาตุอาหารจากปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดินจาก SMS นอกจากจะมีน้ำเบาแล้วยังมีอัตราการใช้ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ CS:L (3:1) จึงเหมาะแก่การพัฒนาให้เป็นชนิดเม็ดเพื่อให้ใช้งานง่าย ไม่เป็นฝุ่นฟุ้งกระจาย ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่มีความลาดชันสูง ในอนาคตควรมีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของสารปรับปรุงดินดังกล่าวรวมถึงการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน และการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชที่ปลูกเพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนงานวิจัยและสถานที่
ทำงานวิจัยจากหลักสูตรสาขาวิชาเกษตรศาสตร์
และนักศึกษาผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ นายภูพงศ์เดช เชื้อวงศ์
นางสาวอรรณพร พวงมณีนาค และนางสาวอมรรัตน์ สุกุลมา

เอกสารอ้างอิง

- Abeba, K.S., G.T. Abera and K. Chimdessa. 2024. Examining the effect of combined biochar and lime rates on selected soil physicochemical properties of acid soils in Gimbi district, Western Ethiopia. **Applied and Environment Soil Science** 4440448. <https://doi.org/10.1155/2024/4440448>
- Adekiya, A.O., B.B. Ayorinde and T. Ogunbode. 2024. Combined lime and biochar application enhances cowpea growth and yield in tropical Alfisol. **Scientific Reports**. 14(1): 1389. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52102-7>
- ASTM International. 2009. **ASTM D2867-09: Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon**. Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: ASTM International. 4 p.
- ASTM International. 2017. **ASTM D2867-17: Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon**. Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: ASTM International. 3 p.
- Bolan, N., A.K. Sarmah, S. Bordoloi, S. Bolan, L. Padhye, L. Van Zwieten, P. Sooriyakumar, B.A. Khan, M. Ahmad, Z. Solaiman, J. Rinklebe, H. Wang, B.P. Singh and K.H.M. Siddique. 2023. Soil acidification and the liming potential of biochar. **Environmental Pollution** 317: 120632. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120632>
- Castilla-Caballero D., J. Barraza-Burgos, S. Gunasekaran, A. Roa-Espinosa, J. Colina- Márquez, F. Machuca-Martínez, A. Hernández-Ramírez and S. Vázquez-Rodríguez. 2020. Experimental data on the production and characterization of biochars derived from coconut-shell wastes obtained from the Colombian Pacific Coast at low temperature pyrolysis. **Data in Brief** 28: 104855. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104855>
- Department of Agriculture. 2005. **Fertilizer recommendation for economic crops: Academic document no. 8/2005**. [Online]. Available <https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/2011-004-0028/> (December 31, 2024). [in Thai]
- Dharmakeerthi, R.S., J.A.S. Chandrasiri and V.U. Edirimanne. 2012. Effect of rubber wood biochar on nutrition and growth of nursery plants of *Hevea brasiliensis* established in an Ultisol. **SpringerPlus** 1: 84. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-84>

- Giovannetti, M., A., Salviolo di Fossalunga, I.A. Stringlis, S. Proietti and V. Fiorillo. 2023. Unearthing soil-plant-microbiota crosstalk: looking back to move forward. **Frontiers in Plant Science** 13: 1082752. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1082752>
- Godlewska, P., S.O. Yong and P. Oleszczuk. 2021. The dark of black gold: ecotoxicological aspects of biochar and biochar-amended soils. **Journal of Hazardous Materials** 403: 123833. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123833>
- Kissel, D.E., R.A. Isaac, R. Hitchcock, L.S. Sonon and P.F. Vendrell. 2007. Implementation of soil lime requirement by single-addition titration method. **Communication in Soil Science and Plant Analysis** 38: 1341–1352. <https://doi.org/10.1080/00103620701328735>
- Kissel, D.E., L. Sonon and M. Cabrela. 2012. Rapid measurement of soil pH buffering capacity. **Soil Science Society of America Journal** 76: 694-699. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0091>
- Land Development Department. 2015. **State of soil and land resources of Thailand**. [Online]. Available <https://e-library.ddd.go.th/library/flip/bib9456f/bib9456f.html> (December 31, 2024). [in Thai]
- Liu, M., D.E. Kissel, M.L. Cabrera and P.F. Vendrell. 2005. Soil lime requirement by direct titration with single addition of calcium hydroxide. **Soil Science Society of America Journal** 69: 522–530. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0522>
- Shaaban, A., S.M. Se, N.M.M. Mitani and M.F. Dimin. 2013. Characterization of biochar derived from rubber wood sawdust through slow pyrolysis on surface porosities and functional groups. **Procedia Engineering** 68: 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.193>
- Sims, J.T. 1996. Lime Requirement. pp. 491–515. In Sparks, D.L. (ed.). **Methods of Soil Analysis, Part 3 Chemical Methods**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America. Inc.
- Singh, B., M.M. Dolk, Q. Shen and M. Campbell. 2017. Biochar pH, Electrical Conductivity and Liming Potential. pp. 23–38. In Singh, B. (ed.). **Biochar: A Guide to Analytical Methods**. Clayton South, Victoria: CSIRO Publishing.
- Suriyawong, P., S. Chuetor, H. Samae, S. Piriyakarnsakul, M. Amin, M. Furuuchi, M. Hata, M. Inerb and W. Phairuang. 2023. Airborne particulate matter from biomass burning in Thailand: recent issues, challenges, and options. **Heliyon** 9(3): e14261. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14261>

Thompson, J., D. Kissel, M. Cabrera and L. Sonon. 2010. Equilibration reaction from single addition of base to determine soil lime requirement. **Soil Science Society of America Journal** 74: 663–669.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2009.0168>

Tusar, H.M., M.K. Udding, S. Mia, A.A. Suhu, S.B.A. Alam, S. Kaaim, N.A. Sairi, Z. Alam and F. Anwar. 2023. Biochar-acid soil interactions-a review. **Sustainability** 15: 13366.
<https://doi.org/10.3390/su151813366>.